

JP 406146653 A
MAY 1994

(54) HYBRID VIBRATION CONTROL DEVICE FOR STRUCTURE

(11) 6-146653 (A) (43) 27.5.1994 (19) JP

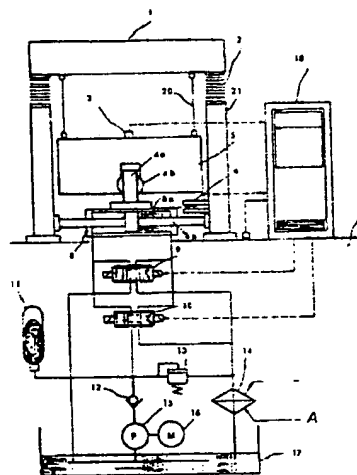
(21) Appl. No. 4-299384 (22) 10.11.1992

(71) HITACHI LTD(1) (72) KOJI FUJIWARA(3)

(51) Int. Cl.⁵ E04H9/02, F16F15/02

PURPOSE: To restrain vibration of a structure by controlling a cylinder by a servo valve when an added mass is supplying energy according to lateral swinging of the structure, and controlling the cylinder by a flow rate control valve when it is absorbing energy.

CONSTITUTION: Respective acceleration detectors 7 and 3 are arranged as a means to find a variable of state of a structure 19 and an added mass 5, and a displacement detector 6 is arranged on a fixing frame 21, and respective detected data are inputted to a control panel 18. A control signal obtained by operation processing is outputted to a flow rate control valve 9 or a servo valve 10 by a prescribed control algorithm. When the structure 19 is vibrated, signals obtainable by using a stationary condition as a reference are detected from condition detecting means installed in the structure and the added mass, and operation processing is carried out, and the flow rate control valve 9 or the servo valve 10 is selected, and high pressure liquid is supplied to an actuator 8. Thereby, vibration energy of the structure 9 can be absorbed by controlling reciprocating motion of the added mass 5.



1: support frame, 2: spring, 11: accumulator, 13: safety valve, 14: heat exchanger, A: cooling water

This Page Blank (uspto)

| | | | | |
|---------------------------|---------|---------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| E 0 4 H 9/02 | 3 4 1 D | 8404-2E | | |
| F 1 6 F 15/02 | A | 9138-3J | | |

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平4-299384

(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 11 月 10 日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(71) 出願人 000002299

清水建設株式会社

東京都港区芝浦一丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 藤原 剛二

茨城県土浦市神立町 603 番地 株式会社日

立製作所土浦工場内

(72) 発明者 菅野 正治

茨城県土浦市神立町 603 番地 株式会社日

立製作所土浦工場内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外 1 名)

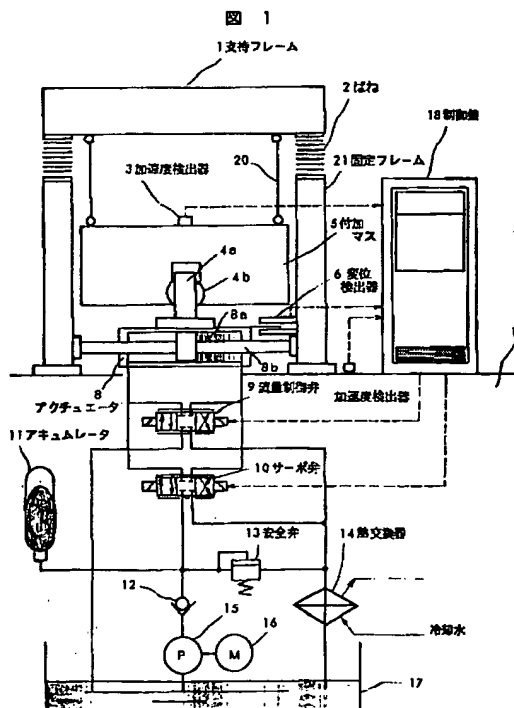
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造物のハイブリッド制振装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明の目的は、高層、超高層構造物に対して適用され、制振効果が大きく、信頼性が高く、消費動力が少なく、かつ、構造物の振動状況に応じて、受動的制振、能動的制振、ハイブリッド制振の選択運転が可能な、構造物のハイブリッド制振装置を提供することにある。

【構成】 付加マス 5 の自重を補償し、構造物 19 の 1 次固有振動数に一致するような構造となるワイヤロープ 20、ばね 2、支持フレーム 1、固定フレーム 21、付加マス 5 を駆動するアクチュエータ 8、アクチュエータ 8 を制御する流量制御弁 9、サーボ弁 10、アクチュエータ 8 へ作動圧液を供給するアキュムレータ 11、チェック弁 12、安全弁 13、ポンプ 15、モータ 16、熱交換器 14 等の手段、状態変数を検出する加速度検出器 3、7、変位検出器 6、およびその状態変数から演算処理し制御信号を発生する制御盤 18 から構成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 外力を受けて振動する構造物の振動方向に運動可能な付加マスと、この付加マスを構造物の振動に従って連動させる手段と、前記構造物に固定した液圧アクチュエータとを備えた構造物の制振装置において、前記付加マスを前記液圧アクチュエータに連結するとともに、

前記液圧アクチュエータにエネルギーを供給する手段と、

前記構造物および前記付加マスの状態変数を求める手段と、その状態変数から演算処理して制御信号を出力する制御装置とから構成され、

前記液圧アクチュエータおよび前記付加マスを制御することにより前記構造物の振動を制振することを特徴とする構造物のハイブリッド制振装置。

【請求項2】 外力を受けて振動する構造物に設置された液圧サーボアクチュエータ、このアクチュエータにより駆動される付加マス、この付加マスを懸垂支持する支持枠、前記構造物の振動を検出する第一の振動検出器、前記付加マスの振動を検出する第二の振動検出器、前記構造物と前記付加マスとの間の相対変位を検出する相対変位計、前記アクチュエータが前記付加マスに駆動力を伝達するユニバーサルジョイント、前記アクチュエータにダンパー効果を与える第一の制御弁、前記アクチュエータを駆動制御する第二の制御弁、この第二の制御弁に液圧流量を発生するポンプならびにポンプを駆動するモータ、前記液圧パワーを蓄積するアキュムレータと高圧作動液の逆流を防止するチェック弁、前記液圧の上限圧力を設定する安全弁、前記第一の制御弁、第二の制御弁、安全弁からの戻り流量を冷却する熱交換器、および、前記第一の振動検出器の検出信号から前記構造物の振動速度信号と振動変位信号を得、前記第二の振動検出器の検出信号から前記付加マスの振動速度信号を得、これらの信号と前記相対変位計より得られた相対変位信号からなる各種の信号に基づいて前記第一の制御弁、第二の制御弁を制御し、前記アクチュエータを制御することによって前記付加マスを駆動させる制御回路を備えたことを特徴とする構造物のハイブリッド制振装置。

【請求項3】 アクチュエータを駆動する制御弁は、第一の制御弁が流量調整弁、第二の制御弁がサーボ弁であることを特徴とする請求項1または2記載のいずれかの構造物のハイブリッド制振装置。

【請求項4】 第二の制御弁が閉鎖し、第一の制御弁は、付加マスによってアクチュエータがダンパー作用となるように構造物の振動を制振させる受動的な制振を行うことを特徴とする請求項1または2記載のいずれかの構造物のハイブリッド制振装置。

【請求項5】 第一の制御弁は閉鎖し、第二の制御弁はアクチュエータを制御し、付加マスを駆動する能動的な制振を行うことを特徴とする請求項1または2記載のい

2

ずれかの構造物のハイブリッド制振装置。

【請求項6】 付加マスが構造物によって励振されエネルギーを吸収するときは、第一の制御弁で可変ダンパーとして受動的な制御を行い、付加マスが構造物に制振力を与えエネルギーを供給するときは、第二の制御弁で能動的な制御を行うこれらの動作を、1周期の中で交互に行うように制御回路を構成したことを特徴とする請求項1または2記載のいずれかの構造物のハイブリッド制振装置。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、構造物のハイブリッド制振装置に係り、例えば、地震や風の外力を受けて中高層の構造物が共振し、低周波数で揺れ、居住性が悪化するのを防止する制振装置である。特に、中高層の構造物、塔および橋梁等の風による揺れ、あるいは地震の後揺れによる振動を防止し、超高層の構造物の建設を可能とし、少ない動力で揺れを低減し、快適な居住性を実現するために、構造物の最上階に設置する制振装置に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】従来の技術を図5ないし図8を参照して説明する。図5は、構造物の振動制振方法を示す原理説明図、図6は、従来の油圧式能動的制振装置の一例を示す斜視図、図7は、従来のサーボモータ・ボールねじ駆動によるハイブリッド制振装置の一例を示す構成図、図8は、従来のサーボモータ・ラックピニオン駆動によるハイブリッド制振装置の他の例を示す斜視図である。

30

【0003】図5の原理説明図において、(a)は受動的なチューンドマスダンパー(Tuned Mass Damper, 以下TMDという)、(b)は能動的なアクティブマスダンパー(Active Mass Damper, 以下AMDという)、(c)は中間的なハイブリッドマスダンパー(Hybrid Mass Damper, 以下HMDという)を示す。構造物(建物や塔)は一般的に小さな減衰要素しか持たないため、風や地震の動的外力を受けて共振し、低周波振動が励起されて持続するため、居住性が問題となっている。上述した図5(a)、(b)、(c)の制振装置は構造物の振動を抑制するために、構造物に減衰を与え、共振時の応答倍率を下げる方法である。

40

【0004】図5(a)の方法は、構造物19Aに受動的な減衰要素(付加マス5A、ばね22、ダンパー23)を取り付けて、構造物の振動エネルギーを吸収することで振動の低減を図る受動的制振装置(TMD)である。この方法は、付加マス5Aを駆動するアクチュエータが不要なため、省エネルギーであり、信頼性は高いが制振効果は低い。

50

【0005】図5(b)の方法は、構造物19Aに制振用のアクチュエータ8Aと付加マス5Aを取り付け、外

3

部から制振に必要なエネルギーを供給して、積極的に構造物の振動低減を図る能動的制振装置（AMD）である。この方法は、外部からエネルギーを供給する必要がある、特に、高層階、超高層階の構造物になると共振周波数が低く、長周期となるため、外部からの供給エネルギーが莫大となる。例えば高さ300m以上の構造物のAMDに供給するエネルギーは2000kWにも達する。

【0006】図5（c）の方法は、上記（a）、（b）を併用した方法で、付加マス5Aがエネルギーを吸収する際には可変ダンパーで制御し、エネルギーを供給する位相条件の場合にはアクチュエータによって制御する振動制御装置である。この方法は、上述のAMDのエネルギーの半以下に低減でき、停電時においては受動的*

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

ここで、 $T=2.0$ 秒、 $g=980\text{cm/s}^2$ を代入すると、 $l=2.5\text{m}$ となる。

【0008】また、この方法は、付加マス5Aの振り子の周期に合せた加振であるため、加振エネルギーが少なく済むのでハイブリッドマスダンパー（HMD）と呼ばれているが、図5（c）に示したばね22がないため、アクティブマスダンパー（AMD）の部類に入るものである。さらに、油圧加振機にはサーボ弁が1台取り付けられているだけで、加振機をダンパーとして動作させる回路が付加されていない。なお、本装置については、NIKKI ARCHITECTURE、1989年10月2日号、P. 77～87に記載されている。

【0009】図7に示す装置は、地上70階、高さ296mの超高層タワーの制振用に開発されたハイブリッドマスダンパー（HMD）である。この装置は、タワーの一次固有周期に合うように振動体（付加マス）5Bとワイヤーロープ20Bとの振り子による方式であるが、支持フレーム1Bの高さを低くするため、スタビライザー24を追加している。振動体5Bの駆動はボールねじ25とサーボモータ26で行なっている。この方式のハイブリッドたる理由は、タワー19Bの固有周期に合わせた振り子にサーボモータ26とボールねじ25でアクティブな加振力を与えること、および、ダンパーとして作用させるときにはエネルギーを吸収する制御を行うものである。

【0010】この方式は停電になると、ダンパー効果のない単なる受動的な作用しかしないため、制振効果は低い。また、大型になると制御装置18Bとサーボモータ26とが非常に大型で高価となり、図6に示した油圧式に比較してエネルギーをアキュムレータに蓄積することができない。そのため、制御に必要な電気動力は非常に大きくなることについて配慮されていなかった。

【0011】図8に示す装置はハイブリッドマスダンパ

4

*なTMDとして作動することができるので信頼性が高い。ハイブリッド制振装置（HMD）の従来の実施例を図6、7、8に示す。

【0007】まず、図6に示す装置は、付加マス5Aを支持フレーム1Aから吊り下げ、両端が自在接手で付加マス5Aと支持フレーム1Aに取り付けられた油圧アクチュエータ8Aによって加振されるものである。11Aはアキュムレータ、15Aは油圧供給装置、18Aは制御装置を示す。この方式は、高層ビル19Aの一次固有振動数に合せた付加マスの振り子とするために、懸錘ロープ20Aの長さが長くなる。例えば、高層ビル（100階建）の場合の一次固有周期を約10秒とすれば、懸錘ロープ20Aの長さlは次式（1）で求められる。

【数1】

$$\dots(1)$$

一である。付加マスは、X軸用のマス5Xの上にY軸用のマス5Yが搭載されている親亀、子亀式のものである。付加マス5Xは、サーボモータ26によりラック27、ピニオン28を介して駆動され、付加マス5Yは、サーボモータ29によりラック30、ピニオン31を介して駆動される。この装置では、付加マス5X、5Yをロープで吊っていないため、加振周期を自由に制御できるが、駆動パワーは図6、7図の方式に比較して大きくなる。また、コンパクトではあるが、長周期、長ストロークの高層建物に対しては、装置が大きくなることについて配慮されていなかった。

【0012】駆動制御は、サーボモータ26、29を使っているため、図7の例と同様な問題（停電時の無制御、消費動力の増大等）があり、ハイブリッドというよりアクティブマスダンパーに分類されるものである。上記において、図6、7、8の各装置は受動的（パッシブ）にも能動的（アクティブ）にも使えるので、ハイブリッドマスダンパー（HMD）と称されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】図6に示す装置は、受動的に使う場合は油圧アクチュエータ8Aをダンパーとして使うものであるが、ダンパーの制御方式については、前記の関連文献に記載されていない。また、受動的と能動的を同時に制御しながら消費動力を軽減する手段についても記載されていない。動作としては、支持フレームで吊り下げられた付加マスを構造物の固有振動数に合せて加振することのみである。

【0014】図7に示す装置は、サーボモータ26を駆動するので、受動的でありながら、消費動力が大きい。能動的に使用する場合は、サーボモータ26によって駆動するが、大形になる（500kW）と電源装置と制御装置18Bとが非常に大きくなり、高価となって、実現性が難しい。また、この方式はサーボモータの正転逆転を長時間連続して運転することが難しい上に、応答性

(時定数)が遅いため、制御性能が低い。図6に示したものと同様に、受動的と能動的を同時に制御しながら、消費動力を軽減する手段については特に配慮されていなかった。その上、図7の装置は電気式であるため、エネルギーを蓄積できないので、起動に要する時間がかかることについて配慮されていなかった。

【0015】図8に示す装置は、基本的には図7の装置と同様な問題点を有しているが、さらに付加マス5X、5Yが吊り下げられていないため、自重支持機構(ローラ32、ラック30等)部の摩擦力が大きく、この方式は長周期、長ストロークのものにはその構造上の制限から実現が難しい。

【0016】このような従来技術に鑑み、本発明が解決しようとする課題は次のとおりである。

(1) 駆動に要する消費動力を従来方式の半分以上にすること。

(2) 停電時にはチューンドマスダンパ(TMD)として作動し、電気動力を使わないで、減衰を最適に制御すること。

(3) TMDとして作動しているときに、作動液が冷却され、連続して運転ができること。

(4) 能動的なアクティブマスダンパ(AMD)としても使用できること。

【0017】(5) 超高層階の制振装置として、長周期(10秒)、長ストローク(6m)に対応できること。

(6) 構造物が揺れず、停止しているときには付加マスの駆動エネルギーをアキュムレータに蓄積し、急激な応答を必要とするときにアキュムレータに蓄積されたエネルギーによって供給し、電源容量を少なくすること。

(7) アクチュエータには、減衰を与える流量制御弁と、駆動制御するサーボ弁の両方を設け、付加マスがエネルギーを吸収するときは流量制御弁で、付加マスがエネルギーを供給するときはサーボ弁で制御することにより消費エネルギーを最小にすること。

【0018】本発明は、上記従来技術の問題点を解決するためになされたもので、長周期、長ストロークの制振が要求される高層、超高層構造物に対して適用され、制振効果が大きく、信頼性が高く、消費動力の少ない、コンパクトな、構造物のハイブリッド制振装置を提供することを、その目的(第一の目的)とするものである。また、本発明の他の目的(第二の目的)は、構造物の振動状況に応じて、受動的制振、能動的制振、ハイブリッド制振の選択運転が可能な構造物のハイブリッド制振装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記第一の目的を達成するために、本発明に係る構造物のハイブリッド制振装置の最も基本的な構成は、外力を受けて振動する構造物の振動方向に運動可能な付加マスと、この付加マスを構造物の振動に従って運動させる手段と、前記構造物に固定

した液圧アクチュエータとを備えた構造物の制振装置において、前記付加マスを前記液圧アクチュエータに連結するとともに、前記液圧アクチュエータにエネルギーを供給する手段と、前記構造物および前記付加マスの状態変数を求める手段と、その状態変数から演算処理して制御信号を出力する制御装置とから構成され、前記液圧アクチュエータおよび前記付加マスを制御することにより前記構造物の振動を制振するものである。

【0020】また、上記第一の目的を達成するために、本発明に係る構造物のハイブリッド制振装置のより具体的な構成は、外力を受けて振動する構造物に設置された液圧サーボアクチュエータ、このアクチュエータにより駆動される付加マス、この付加マスを懸垂支持する支持棒、前記構造物の振動を検出する第一の振動検出器、前記付加マスの振動を検出する第二の振動検出器、前記構造物と前記付加マスとの間の相対変位を検出する相対変位計、前記アクチュエータが前記付加マスに駆動力を伝達するユニバーサルジョイント、前記アクチュエータにダンパー効果を与える第一の制御弁、前記アクチュエータを駆動制御する第二の制御弁、この第二の制御弁に液圧流量を発生するポンプならびにポンプを駆動するモータ、前記液圧パワーを蓄積するアキュムレータと高圧作動液の逆流を防止するチェック弁、前記液圧の上限圧力を設定する安全弁、前記第一の制御弁、第二の制御弁、安全弁からの戻り流量を冷却する熱交換器、および、前記第一の振動検出器の検出信号から前記構造物の振動速度信号と振動変位信号を得、前記第二の振動検出器の検出信号から前記付加マスの振動速度信号を得、これらの信号と前記相対変位計より得られた相対変位信号からなる各種の信号に基づいて前記第一の制御弁、第二の制御弁を制御し、前記アクチュエータを制御することによって前記付加マスを駆動させる制御回路を備えたものである。

【0021】さらに、上記第二の目的を達成するために、本発明に係る構造物のハイブリッド制振装置の具体的な構成は、第一の制御弁が流量調整弁、第二の制御弁がサーボ弁であり、受動的な制振を行うときは、第二の制御弁が閉鎖し、第一の制御弁は、付加マスによってアクチュエータがダンパー作用となるように構造物の振動を制振させるものであり、また、能動的な制振を行うときは、第一の制御弁は閉鎖し、第二の制御弁はアクチュエータを制御し付加マスを駆動するものである。

【0022】また、本発明は、前記流量制御弁とサーボ弁を、付加マスが構造物の振動によって振動するとき(エネルギーを吸収するとき)にはサーボ弁を閉じて流量制御弁で制御し、付加マスが構造物にエネルギーを与えるとき(エネルギーを供給するとき)は、流量制御弁を閉じてサーボ弁によって制御し、構造物の振動を制振する。上記の手法で、制振効果を最大にしながら、消費エネルギーを最小にする制振装置とするものである。

【0023】

【作用】本発明は上記のように構成したため、構造物が振動すると、構造物および付加マスに設置した状態変数検出手段から、静止状態を基準とした信号が検出され、制御盤で演算処理されて、制御信号を出力する。この出力信号によって、流量制御弁あるいはサーボ弁を選択し、アクチュエータに高圧液を供給し、付加マスの往復運動を行い、構造物の振動エネルギーを吸収し、構造物の振動低減を図る。

【0024】

【実施例】次に、本発明の一実施例について、図1ないし図4を参照して説明する。図1は、本発明の一実施例に係る液圧式ハイブリッド制振装置の全体システム構成図、図2は、図1の装置の機械本体の斜視図、図3は、図1の装置の付加マス駆動アクチュエータの斜視図、図4は、図1の装置の制御アルゴリズムを示す線図である。

【0025】まず、図1ないし図3を参照して、全体構成とその機能を説明する。構造物19の最上部に固定フレーム21を設置する。固定フレーム21にはアクチュエータ8が固定されており、固定フレーム21と支持フレーム1との間には積層ゴムからなるばね2が装着され、ばね2の上に支持フレーム1が搭載されている。支持フレーム1からワイヤロープ20によって付加マス5が吊り下げられ、この付加マス5はジョイント4aによって、アクチュエータ8と連結されている。ジョイント4aは上下方向と回転動を許容し、水平方向には剛な球面軸受4bを内蔵している。

【0026】前記構造物19および前記付加マス5の状態変数を求める手段として、構造物19上には構造物の振動を検出する第一の振動検出器に係る加速度検出器7、付加マス5上には付加マスの振動を検出する第二の振動検出器に係る加速度検出器3、固定フレーム21には前記構造物と付加マスとの間の相対変位を検出する変位検出器6が取り付けられ、各検出データは、その状態変数から演算処理を行う制御盤18にフィードバックされている。制御盤18は停電時にも演算処理可能な電源（無停電電源）を内蔵している。制御盤18で演算処理された制御信号は、図4に示す制御アルゴリズムにより、第一の制御弁に係る流量制御弁9、および第二の制御弁に係るサーボ弁10に指令出力される。

【0027】アクチュエータ8を駆動する作動液は、リザーバタンク17からモータ16によって駆動される液圧ポンプ15により加圧され、逆流防止のチェック弁12を通過して、アキュムレータ11に蓄積され、サーボ弁10へ圧送される。ポンプ15で加圧された作動液は、安全弁13により上限が設定され、設定値を超えた作動液は安全弁13を介し、熱交換器14で冷却されてリザーバタンク17へ戻るように構成されている。

【0028】一方、作動液はサーボ弁10によって、制

御盤18からの制御信号に関連した圧力に制御され、シリンダ8aへ圧送される。アクチュエータ8では、サーボ弁10により作動液が流入して移動するが、シリンダ8aの反対側の部屋の作動液はサーボ弁10を通り、冷却水の流通する熱交換器14で冷却されて、リザーバタンク17へ戻されるようになっている。このとき、流量制御弁10は中立位置となり閉鎖されている。

【0029】制御アルゴリズムによって、流量制御弁9が制御を行う場合には、サーボ弁10は中立位置となり、作動液は直接リザーバタンク17から吸入され、シリンダ8aへ流出し、シリンダ8aの反対側の作動液が流出され、流量制御弁9を通り、熱交換器14で冷却されて、リザーバタンク17へ戻るように構成されている。

【0030】次に、このような装置の制御動作（作用）について説明する。

〔受動的なTMDとして作動する場合〕停電した場合、あるいは構造物19の振動レベルが小さい場合の受動的なTMDとして作動させる場合の動作を説明する。上記制振装置が受動的なTMDとして作用するときは、停電時に、モータ16が起動せず、ポンプ15が停止しているようなときである。

【0031】構造物19が風等の外力で揺れると構造物19の振動は固定フレーム21、ばね2、支持フレーム1、ワイヤロープ20を伝達し、付加マス5に伝わる。付加マス5が水平方向に移動すると、ジョイント4aによりシリンダ8aを移動させるので、シリンダ8a内の作動液が移動する。この作動液は流量制御弁9で制御され、リザーバタンク17から作動液を吸入し、シリンダ8aで押し出されて流量制御弁9を介して熱交換器14で冷却され、リザーバタンク17へ戻される。

【0032】構造物19の振動は加速度検出器7で、付加マス5の振動は加速度検出器3で、シリンダ8aの変位は変位検出器6でそれぞれ検出され、常時無停電電源によって稼動状態に保持されている制御盤18へフィードバックされる。フィードバックされた検出信号は制御盤18内で演算処理され、制御信号が出力されて流量制御弁9を制御する。この一連の制御ループは構造物19の一次固有振動数に減衰を与えることにより、構造物19の一次固有振動数のピークを低減して、構造物の揺れを低減する。

【0033】付加マス5、ワイヤロープ20、ばね2は振り子の原理で振動周期が決まる。付加マス5の周期は、ワイヤロープ20の長さとはばね2の変位とによって、構造物19の一次固有振動周期に一致するよう調節する。このTMDとしての制振装置は受動的であるので、付加マス5の駆動エネルギーは不要となり、経済的である。しかし、制振効果は能動的なAMDより低下する。

【0034】〔能動的なAMDとして作動する場合〕受

動的なTMDに対して、能動的なAMDは、構造物19の振動を積極的に制御し振動を低減する制振装置である。この方法は、常時制御エネルギーをアキュムレータ11に蓄積し、構造物19の振動が発生したら、即座に制振させることができるものである。アキュムレータ11内のエネルギーが消費されたら、モータ16が起動し、ポンプ15を駆動して液圧エネルギーが補給される。一方、AMDとして作動するときには流量制御弁9は中立位置（閉鎖）に保持されている。

【0035】構造物19が外力（風や地震等）によって振動すると、加速度検出器7で検知し、上記制御盤18にフィードバックされ、演算処理されて、制御信号はサーボ弁10に印加される。サーボ弁10が適切な開度になるとアキュムレータ11に蓄積されている作動液はシリンダ8aへ供給され、ジョイント4aを介して付加マス5に伝えられる。付加マス5の慣性反力がジョイント4aに伝わり、シリンダ8aを移動させ、作動液を介してピストン8bに伝達されるので、固定フレーム21を介して構造物19へ伝えられ振動を制振することができる。ここに、チェック弁12はアキュムレータ11に蓄積されたエネルギーの逆流を防止するものであり、安全弁13は作動液の上限圧力を設定するものであり、熱交換器14は作動液を冷却するものである。

【0036】（ハイブリッドHMDとして作動する場合）上記TMD、AMDには、それぞれ長所、短所がある。TMDは、消費エネルギーは少ないが制振効果も少ない。AMDは、制振効果は大きい消費エネルギーが大きい。そこで、両者の長所を合せ持つ方法がHMDである。図4に従ってHMDの制御アルゴリズムを説明する。図4において、（a）は、構造物の振動（変位、加速度）、（b）は、付加マスの振動（変位、加速度）、（c）は、サーボ弁の制御信号、（d）は、流量制御弁の制御信号を、それぞれ1周期（0°～360°）について示している。

【0037】構造物19が揺れ始めると、付加マス5は、構造物の揺れの反対方向に移動し慣性反力を固定フレーム21を介して構造物19に与える。このとき、付加マス5が構造物19とは反対へ移動するようにサーボ弁10が作動液をシリンダ8aへ圧送する。付加マス5が最大値に達した時点でサーボ弁10は閉じ、流量制御弁9が開いて減衰を付加マス5に与える。この動作を1周期（0°～360°）の中で交互に行う。すなわち、付加マス5がエネルギーを供給するときは、サーボ弁10がシリンダ8aを制御し、付加マス5がエネルギーを吸収するときは、流量制御弁9がシリンダ8aを制御することによって、構造物19の一次固有振動に減衰を与え、制振させる。

【0038】上記アルゴリズムによる一連の動作を図1を参照して説明する。構造物19が外力（風や地震等）によって振動すると、加速度検出器7が検知し、無停電、

電源および演算処理回路を内蔵する制御盤18にフィードバックされる。制御盤18で演算処理された制御信号がサーボ弁10へ印加され、高圧の作動液がアキュムレータ11から吐出され、サーボ弁10で適性なる圧力に制御されてアクチュエータ8のシリンダ8aへ流入する。ピストン8bは両端が固定フレーム21に固定されているので、シリンダ8aが右方へ移動する。シリンダ8aの右側内の作動液は排出され、サーボ弁10を通して熱交換器14で冷却されリザーバタンク17へ戻される。

【0039】一方、作動液はモータ16によって駆動されるポンプ15で加圧され、逆流防止のチェック弁12を通してアキュムレータ11に蓄積される。蓄積された作動液が設定圧力を越えると安全弁13でオーバフローして、熱交換器14で冷却され、リザーバタンク17に戻される。上記シリンダ8aの移動は上下、回転方向に自由な球面軸受4bを介して、ジョイント4aから、付加マス5へ伝達され、構造物19と反対方向へ移動する。このとき、付加マス5の慣性力はジョイント4a、シリンダ8aおよび作動液を介しピストン8bに伝達し、固定フレーム21から構造物19に反力として伝えられる。

【0040】付加マス5の変位は変位検出器6、加速度は加速度検出器3により検出されて、上記制御盤18にフィードバックされ、制御盤18で演算処理され、サーボ弁10の制御信号に修正を加え、付加マス5が最大変位に達した時点で流量制御弁9に制御信号を送る。付加マス5が最大変位に達すると、今度は戻ろうとする動作となり、シリンダ8aは中立位置へ向かう。このとき、上記の図4で述べたアルゴリズムに従い、サーボ弁10は閉じ、流量制御弁9が開くことにより、作動液はリザーバタンク17から吸上げられ、シリンダ8aで吐出された作動液は熱交換器14で冷却されて、リザーバタンク17へ戻される。

【0041】上記では、付加マス5が中立位置から右方向へ移動し再び中立位置に戻るまでの動作の説明をしたが、中立位置から左方へ移動し、中立位置に戻る動作も、方向が反対であるが、同様な動作である。付加マス5は、ワイヤーロープ20、支持フレーム1、ばね2によって、自重を懸垂されているので、摩擦力がなく、精度のよい慣性力を構造物19に付加できる。ワイヤーロープ20の長さとはばね2による付加マス5の振り子の周期は、構造物19の一次固有振動周期に一致するように初期調整されるものである。

【0042】本実施例によれば、下記の効果がある。

（1）超高層構造物（80～100階建）用の制振装置を従来方式で行うと、電源容量が2000kW以上になるが、本実施例の方式では800kW以下となる。本実施例の装置では、ワイヤーロープ20、ばね2および付加マス5の組み合わせにより、高さが従来の25mに対して、

約10mと低くできる。しかも、受動的TMD、能動的AMD、ハイブリッドHMDのいずれもの運転ができる。従来のACサーボモータ、ボールねじの方式で対応できるのは、技術的に数百kWまでであり、50階建て構造物までであるが、本実施例の方式では100階建て以上の構造物に対しても対応できる。

【0043】従来の方式は、サーボ弁1台でアクチュエータを制御していたが、本実施例では流量調整弁9とサーボ弁10の2台で1台のアクチュエータ8を制御するものである。本方式によって、TMD、AMD、HMDの選択ができる。この方式により、外部からの電気エネルギーを従来の半分以下に低減できる。また、状況によって上記3方式を選択することにより省エネ運転が可能となる。

【0044】流量制御弁9を制御することによって、TMDとして使用できる。しかも、停電時でも使用できる。従来のTMDは、アクチュエータ内で作動液が往復しているため、発熱し、長時間使用が難しかったが、本方式は、ポンプを駆動しなくても、流量制御弁9の制御機能によって、熱交換器14を介して冷却されるので、長時間の連続運転が可能である。TMDとして使用するときは、外部からの電気エネルギーの供給は不要である。

【0045】サーボ弁10を制御することによって、AMDとして使用できる。能動的なAMDとして使用する際には、流量制御弁9は閉鎖し、モータ16、ポンプ15を起動する。AMDはTMDと比較して、外部から電気エネルギーを供給する必要があるため、できるだけ省エネになるよう、アキュムレータ11が組み込まれている。アキュムレータ11によって、エネルギーが蓄積されるので、ポンプ15の運転は間欠運転ができる。

【0046】本実施例によれば、理想的なHMDとすることができる。すなわち、マス+ロープの固有振動数は建物の一次固有振動数に調節した制振装置をHMDというが、本発明はさらにそれを省エメルギーで制御しようとするレベルの高いHMDである。従来のAMDに対して、付加マス5を駆動するエネルギーは半分以下に低減できる。構造物の1次固有振動数の中で、本実施例では、受動的なTMDと能動的なAMDを交互に使い分け、ることにより、制振効果はTMDより大きく、消費エネルギーはAMDより少なくすることができる。

【0047】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、長周期、長ストロークの制振が要求される高層、超高層構造物に対して適用され、制振効果が大き

く、信頼性が高く、消費動力の少い、コンパクトな、構造物のハイブリッド制振装置を提供することができる。また、本発明によれば、構造物の振動状況に応じて、受動的制振、能動的制振、ハイブリッド制振の選択運転が可能な、構造物のハイブリッド制振装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る液圧式ハイブリッド制振装置の全体システム構成図である。

【図2】図1の装置の機械本体の斜視図である。

【図3】図1の装置の付加マス駆動アクチュエータの斜視図である。

【図4】図1の装置の制御アルゴリズムを示す線図である。

【図5】構造物の振動制振方法を示す原理説明図である。

【図6】従来の油圧式能動的制振装置の一例を示す斜視図である。

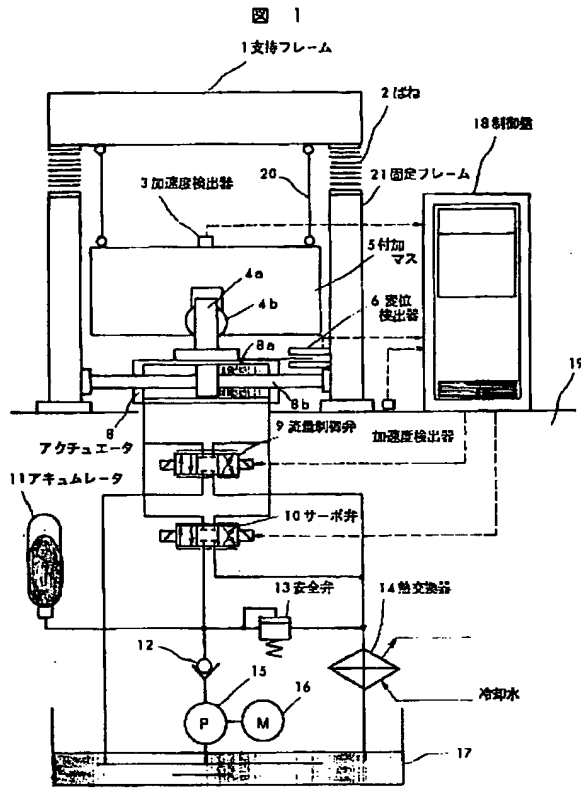
【図7】従来のサーボモータ・ボールねじ駆動によるハイブリッド制振装置の一例を示す構成図である。

【図8】従来のサーボモータ・ラックピニオン駆動によるハイブリッド制振装置の他の例を示す斜視図である。

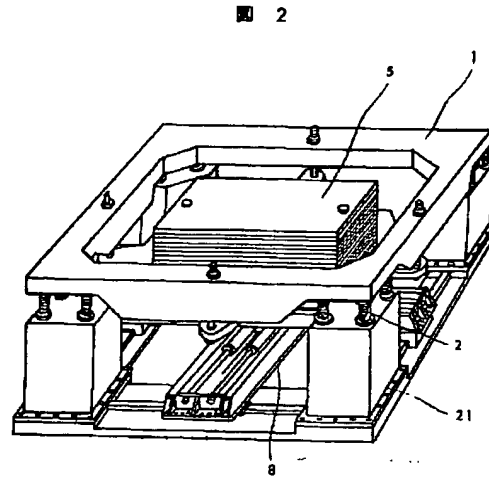
【符号の説明】

- 1 支持フレーム
- 2 ばね
- 3 加速度検出器
- 4 a ジョイント
- 4 b 球面軸受
- 5 付加マス
- 6 変位検出器
- 7 加速度検出器
- 8 アクチュエータ
- 9 流量制御弁
- 10 サーボ弁
- 11 アキュムレータ
- 12 チェック弁
- 13 安全弁
- 14 熱交換器
- 15 ポンプ
- 16 モータ
- 17 リザーバタンク
- 18 制御盤
- 19 構造物
- 20 ワイヤロープ
- 21 固定フレーム

【図1】

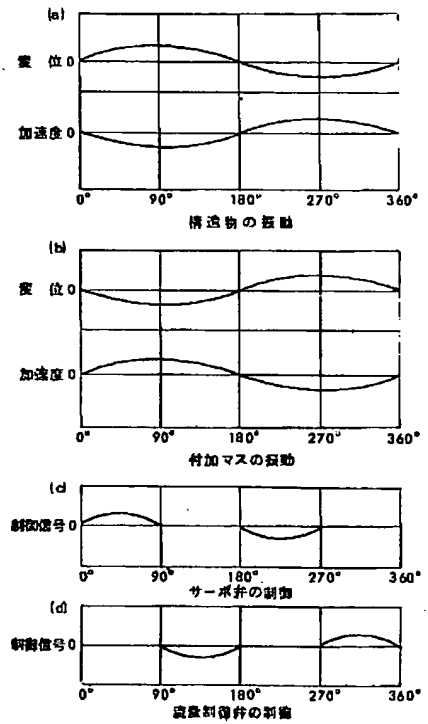


【図2】

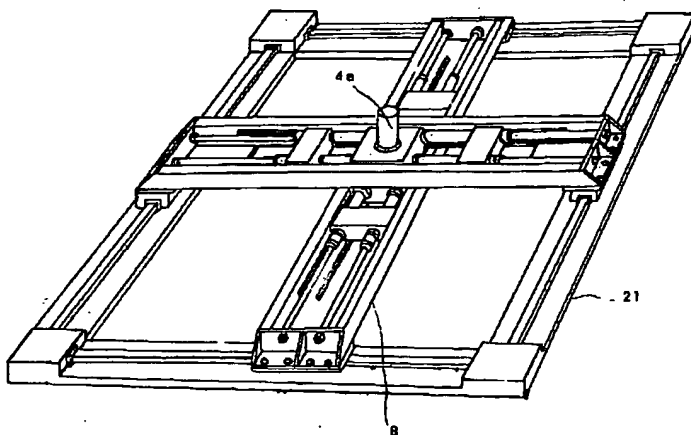


【図4】

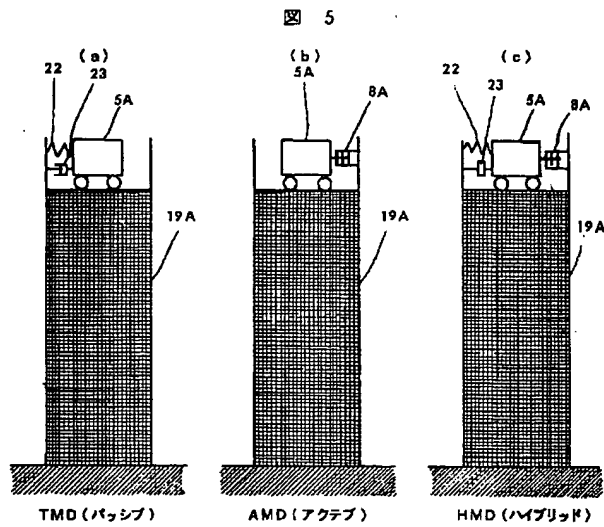
図 4



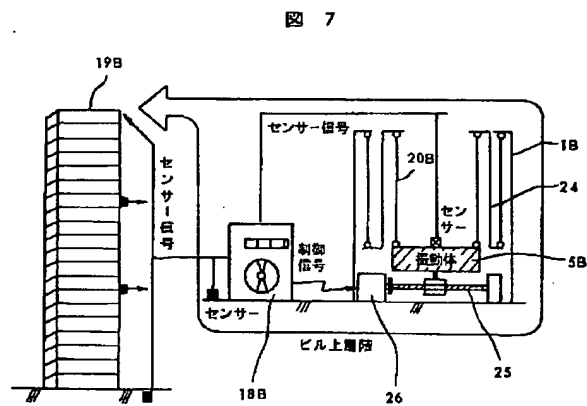
【図3】



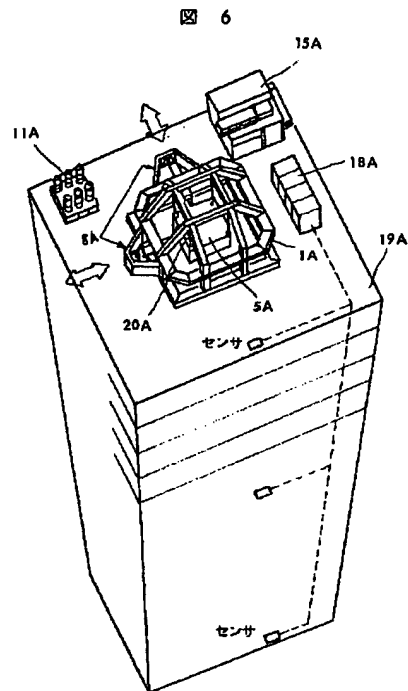
【図5】



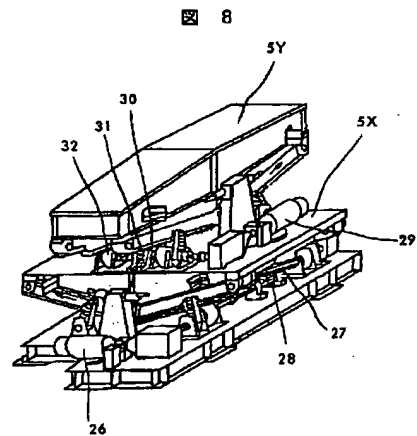
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 横田 治彦
東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設
株式会社内

(72)発明者 三田 彰
東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設
株式会社内

This Page Blank (uspto)